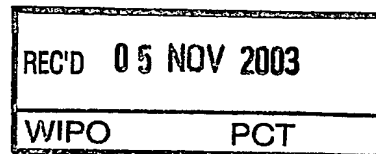


Rec'd PCT/PTO 07 APR 2005 #8



Kongeriget Danmark

Patent application No.: PA 2002 01548

Date of filing: 11 October 2002

Applicant: FORCE Technology
(Name and address) Park Alle 345
DK-2605 Brøndby
Denmark

Title: System og fremgangsmåde til automatisk sortering af emner

IPC: B 07 C 5/346; G 01 N 23/222

This is to certify that the attached documents are exact copies of the above mentioned patent application as originally filed.

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

Patent- og Varemærkestyrelsen
Økonomi- og Erhvervsministeriet

06 October 2003


Pia Høybye-Olsen



BEST AVAILABLE COPY

System og fremgangsmåde til automatisk sortering af emner

Denne opfindelse omhandler et system samt en fremgangsmåde til automatisk sortering af emner, heriblandt emner i en affaldsstrøm.

5

Mere præcist angår opfindelsen et system (og en tilsvarende en fremgangsmåde) omfattende en transportmekanisme indrettet til transport af et emne til en sorteringsanordning, en sensoranordning placeret således at det transporterede emne bringes hovedsageligt indenfor et forudbestemt aflæsningsvolumen, og en beregningsenhed indrettet til modtagelse af et elektrisk sensor-signal repræsenterende måledata fra nævnte sensoranordning samt indrettet til generering og afgivelse af et styresignal til nævnte sorteringsanordning indrettet til sortering af transporterede emner på baggrund/basis af nævnte styresignal.

15

Det er ofte fordelagtigt at kunne sortere emner på basis af en tilhørende klasse ud fra en mængde af mulige klasser. Til tider er mængden af mulige klasser begrænset til kun at omfatte et fåtal af klasser, såsom f.eks. "metal" og "ikke-metal", f.eks. ved sortering af miljøproblematiske affaldsstrømme. Her skal for ethvert sorteringsemne tilhørende en bestemt klasse kunne fastlægges fælles træk, som trods mulige variationer inden for hver klasse relaterer emnet til den givne klasse.

20

Sortering af materialestrømme er yderst vigtig i en lang række produktionsprocesser og i etablering af en bæredygtig materialeøkonomi for samfundet vil sortering af affaldsstrømme spille en stigende rolle. Sortering kan f.eks. have til formål at minimere eller eliminere forekomsten af skadelige stoffer i genbrugelige affaldsstrømme. Sortering vil også kunne benyttes i forbindelse med on-line overvågning af udgående strømme fra anlæg, der behandler husholdningsaffald eller specielle affaldstyper, hvor affaldsproduktet f.eks.

25

30

slaggen fra forbrændingsanlæg skal overholde grænseværdier for adskillelige grundstoffer for at kunne blive genanvendt eller deponeret billigt muligt.

- 5 Sortering kan tillige have til formål at sikre en minimumskoncentration af en ønsket komponent i forbindelse med genbrug.

- 10 Adskillelse af materialer ved manuel sortering er ofte fejlbehæftet ved de materialestrømme hvor emners visuelle træk er meget lig hinanden og yderligere kræver denne form for sortering betydelige ressourcer f.eks. i form af manuelt arbejde. Ved affaldssortering, hvor den rigtige kategorisering er yderst væsentlig, primært af miljømæssige hensyn, er en sådan manuel sortering med risiko for stor fejlsortering ikke ønskværdig.

- 15 Sortering af f.eks. trykimprægneret træ og uimprægneret træ er ikke ukompliceret, da det kan være en yderst vanskelig opgave at skelne disse fra hinanden, især som træet ældes og/eller hvis træet er overfladebehandlet.

Man arbejder typisk med to former for affaldstræ som er væsentlige at adskille.

- 20 • Trykimprægneret træ: Dette træ bliver typisk deponeret indtil videre da det i vidt omfang indeholder store mængder af tungmetaller såsom kobber, krom, arsen og bor. På nuværende tidspunkt findes der ikke en miljømæssig acceptabel og økonomisk fornuftig metode til behandling af dette.
- 25 • Ikke-trykimprægneret træ: Dette kan destrueres ved forbrænding.

- 30 I en undersøgelse (Iben V. Kristensen: Identifikation og sortering af affaldstræ vha. farvereaktion; Workshop i Affaldsstrategier for imprægneret træ; Borås 2001-11-14) blev ca. 60% af uimprægneret affaldstræ ved manuel sortering fejlagtigt kategoriseret som imprægneret træ. Tilsvarende blev ca. 16 % af imprægneret affaldstræ fejlagtigt kategoriseret som uimprægneret træ.

Denne store fejlprocent er miljømæssigt uholdbar, især set i lyset af, at den forventede mængde af imprægneret affaldstræ vil mangedobles inden for de næste få år. Trykimprægneret træ indeholder typisk, som nævnt, tungmetaller såsom kobber, krom, arsen og bor som ikke er forureningsacceptable stoffer.

Der kendes kemiske analysemetoder til bestemmelse af en mængde tungmetal i et givet emne. Det er dog ikke hensigtsmæssigt at benytte en sådan metode ved f.eks. sortering af affaldsemner, da mængden af affaldstræ forøges og en sådan analyse er både tidskrævende og økonomisk belastende.

Der er derfor fordelagtigt at tilvejebringe et system hvormed emner kan sorteres på en enkel, sikker, hurtig og rationel måde.

Formålet med opfindelsen er derfor at anvise et system der på en effektiv, sikker og billig måde kan klassificere emner med henblik på at sortere disse ud fra forudbestemte kriterier ved brug af et berøringsfrit og hurtigt sensorsystem.

Dette formål opfyldes ved et system af den indledningsvis nævnte art, hvor den nævnte sensoranordning er indrettet til at detektere gammastråling udsendt fra et transporteret emne når dette udsættes for en neutronflux med en given energifordeling, samt indrettet til at tilvejebringe nævnte sensor signal på basis af nævnte detektering, samt at nævnte styresignal genereres på basis af nævnte sensor signal.

Herved tilvejebringes en hurtig og sikker automatiseret sortering af emner hvor hyppigheden af fejlsorteringer kan nedbringes drastisk, idet systemet benytter en anden og mere pålidelig analysemetode end tidligere. Et system ifølge opfindelsen har den fordel, udover at være automatiseret, at antallet af

sorteringsfejl nedbringes til et niveau der er tilstrækkeligt for at tilfredsstille de miljømæssige krav.

5 Typisk kan et system ifølge opfindelsen mangedoble antallet af behandlede emner i forhold til tidligere metoder.

Sorteringssystem kan f.eks. være indrettet til sortering af træ i hhv. tungmetalholdigt træ eller ikke-tungmetalholdigt træ. Alternativt, kan sorteringssystemet være indrettet til sortering af plast i hhv. PVC-holdigt plast eller PVC-frit plast.

10

I en udførelsesform, omfatter nævnte sensoranordning

- en neutronkilde indrettet til at udsende neutroner,
 - en moderator, der omgiver nævnte neutronkilde og nævnte målevolumen samt er indrettet til at bremse nævnte udsendte neutroner, samt
 - en detektor indrettet til detektering af gammastråling udsendt af et emne, anbragt i nævnte målevolumen, og generering af nævnte elektriske sensor signal.
- 15

20 I en alternativ udførelsesform, omfatter nævnte sensoranordning yderligere en gammaskærm og/eller en neutronskeerm, hvor nævnte gammaskærm er placeret mellem nævnte kilde og nævnte målevolumen og/eller hvor nævnte neutronskeerm er placeret mellem nævnte detektor og nævnte målevolumen.

25 Herved opnås en minimering af fluxen af termiske neutroner ind i detektoren pga. neutronskeermen/-skjoldet hvilket bevirker en dæmpning af det målte støjniveau.

I en foretrukket udførelsesform, omfatter nævnte sensoranordning yderligere en gamma-afskærmning anbragt omkring nævnte neutronkilde således at

30

direkte indstråling af gamma fra neutronkilden til nævnte neutronkilde minimeres.

5 I en udførelsesform, er nævnte sorteringssystem indrettet til sortering af en affaldsstrøm.

10 I en foretrukket udførelsesform, foregår nævnte detektering berøringsfrit med emnet. Herved opnås en lavere driftsomkostning grundet bl.a. det minimale slidtage ved en berøringsfri udførelsesform og besparelse af manuel arbejdskraft.

Den beskrevne sensorteknologi benævnes Prompt Gamma Neutron-Aktiverings-Analyse (PGNAA).

15 Ved PGNAA bestråles emnet med neutroner med relativ lav kinetisk energi (såkaldte termiske neutroner) fra en passende kilde, hvorved grundstofferne kerne bliver ustabil og omgående falder tilbage til en stabil tilstand under udsendelse af gammastråling med en karakteristisk energi.

20 Mere specifikt kaldes en reaktion mellem en atomkerne og en termisk neutron for neutronindfangning og resulterer i, at atomkernen skifter atomvægt svarende til neutronens masse. Atomkernen vil af denne proces efterlades i en exciteret/energi-rig tilstand, hvorfra den henfalder momentant under udsendelse af gammastråling karakteristisk for den pågældende atomkerne.

25 Denne gammastråling benævnes "prompt gamma", idet den udsendes momentant.

Både neutroner samt den resulterende gammastråling er meget gennemtrængende, hvorfor selv massive emner ofte kan analyseres berøringsfrit.

En Prompt Gamma Neutron-Aktiverings-Analyse (PGNAA) metode er baseret på, at alle grundstoffer kan reagere med lavenergetiske neutroner, såkaldte "termiske neutroner".

- 5 De forskellige grundstoffer har meget forskellig evne til at reagere med termiske neutroner. Denne evne angives ved en størrelse der typisk benævnes reaktionstværsnittet, der varierer med mere end 11 størrelsesordener gennem det periodiske system uden åbenlys systematik.
- 10 Følsomheden for PGNAA af et givet grundstof varierer med udover reaktionstværsnittet, dels med mængden og arten af den udsendte gammastråling samt detektorsystemets beskaffenhed.

Denne analyseteknik er velegnet til detektering af behandlede emner som ikke umiddelbart kan skelnes visuelt såsom trykimprægneret træ, idet der dels kan måles igennem voluminøse emner såsom stolper og pæle, relativt upåvirket af overfladelag såsom maling, og dels at grundstoffer såsom kobber, krom, arsen og bor har så store reaktionstværsnit, at en bestemmelse af koncentrationerne anses for at være mulig.

20 PGNAA er så vidt vides kun i praksis blevet benyttet til karakterisering af kul på kraftværker, malme i mineindustrien og råvareblandinger til cementovne og lignende. Ifølge opfindelsen anvises det hvorledes PGNAA også kan benyttes til sortering af affald.

25 Typisk anvendes en udførelsesform, hvor nævnte sensoranordning primært anvender hydrogen som moderator på grund af hydrogenets høje moderator-effekt

30 I en alternativ udførelsesform, omfatter nævnte sensoranordning primært kulstofmateriale som moderator (i stedet for hydrogen). Kulstofs sprednings-

tværsnit og dermed dets effektivitet som moderator er mindre end hydrogens effektivitet, men kulstof har et langt mindre absorptionstværsnit hvilket igen bevirker, at der opnås en bedre neutronudnyttelse, og væsentlig mindre støj i form af uønsket gammastråling. Dertil kommer, at brugen af en hydrogenfattig moderator muliggør en næsten direkte måling af emnets hydrogenindhold, udfra hvilket et estimat af træmængden i aflæsningsvolumenet vil kunne beregnes, idet denne delmåling er nødvendig for at kunne bestemme koncentrationen i et emne.

I en udførelsesform, er systemet indrettet til modtagelse af målinger af emner med en kendt klassifikation, samt at klassifikationsenheden omfatter midler til beregning af vægtfaktorer af et antal vægtede summer etableret ved en multivariabel dataanalyse, kalibrering eller en iterativ metode ved hvilken der ved en trinvis raffinering opnås successivt bedre sæt af vægtfaktorer.

I en anden udførelsesform, tilvejebringes nævnte styresignal af klassifikationsenheden på basis af signaler omfattende nævnte vægtfaktorer og nævnte sensor signal.

Opfindelsen angår desuden en fremgangsmåde til automatisk sortering af emner, hvor fremgangsmåden omfatter

- transporteret af mindst et emne til en sorteringsanordning,
- hvor nævnte transporteret bringer transporterede emner hovedsageligt indenfor et forudbestemt aflæsningsvolumen af en sensoranordning, og
- modtagelse i en beregningsenhed/klassificeringsenhed af et elektrisk sensorsignal repræsenterende måledata fra nævnte sensoranordning samt generering og afgivelse af et styresignal til nævnte sorteringsanordning indrettet til sortering af transporterede emner på baggrund/basis af nævnte styresignal,

hvor fremgangsmåden yderligere omfatter

- detektering, i nævnte sensoranordning, af gammastråling udsendt fra et transporteret emne når dette udsættes for en neutronflux med en given energifordeling, samt tilvejebringelse af nævnte sensor signal på basis af nævnte detektering, og
- 5 • generering af nævnte styresignal på basis af nævnte sensor signal.

I en udførelsesform, er nævnte detektering baseret på Prompt Gamma-Neutron-Aktiverings-Analyse (PGNAA), og fremgangsmåden omfatter yderligere

- 10 • udsendelse af neutroner af en neutronkilde i nævnte sensoranordning,
- bremsning af nævnte udsendte neutroner af en moderator i nævnte sensoranordning, hvor nævnte moderator omgiver nævnte neutronkilde og nævnte målevolumen, samt
- 15 • detektering, af en detektor i nævnte sensoranordning, af gammastråling udsendt af et emne, anbragt i nævnte målevolumen, og generering af nævnte elektriske sensor signal i nævnte sensoranordning.

I en udførelsesform, omfatter fremgangsmåden minimering af fluxen af termiske neutroner ind i detektoren af en gammaskærm og/eller en neutronskearm

20 i nævnte sensoranordning, hvor nævnte gammaskærm er placeret mellem nævnte kilde og nævnte målevolumen og/eller hvor nævnte neutronskearm er placeret mellem nævnte detektor og nævnte målevolumen.

I en udførelsesform, omfatter fremgangsmåden yderligere minimering af direkte indstråling af gamma fra neutronkilden til nævnte detektor af en gamma-afskærmning anbragt omkring nævnte neutronkilde i nævnte sensoranordning, således at indstråling af gammastråling fra kilde til detektor dæmpes.

25

30 I en udførelsesform, omfatter fremgangsmåden sortering af en affaldsstrøm.

I en udførelsesform, foregår nævnte detektering berøringsfrit med emnet.

I en udførelsesform, omfatter nævnte sensoranordning primært kulstofmateriale som moderator.

5

I en udførelsesform, omfatter fremgangsmåden modtagelse af målinger af emner med en kendt klassifikation, samt beregning af vægtfaktorer af et antal vægtede summer etableret ved en multivariabel dataanalyse, kalibrering eller en iterativ metode ved hvilken der ved en trinvis raffinering opnås successivt bedre sæt af vægtfaktorer.

10

I en udførelsesform, omfatter fremgangsmåden yderligere tilvejebringelse af nævnte styresignal af klassifikationsenheden på basis af signaler omfattende nævnte vægtfaktorer og nævnte sensor signal.

15

I en udførelsesform, anvendes klyngeanalyse som et led i automatisk generering af forslag til kategorisering af prøveemner ud fra mønstre i måledata korresponderende til disse emner.

20 Opfindelsen vil nærmere blive forklaret i det følgende under henvisning til tegningen, hvor

Fig. 1 illustrerer skematisk et tværsnit af en udførelsesform for en sensor ifølge opfindelsen.

25

Fig. 2 illustrerer skematisk et tværsnit af en anden udførelsesform for en detektor ifølge opfindelsen.

Fig. 3 illustrerer en udførelsesform med transportmekanisme, sensor-, og sorteringsanordning, samt en klassificeringsenhed.

30

Fig. 4 viser en udførelsesform for en klassificeringsenhed ifølge opfindelsen.

Fig. 5 viser eksempler på PGNAA-spektre.

5 Fig. 1 illustrerer skematisk et tværsnit af en del af en udførelsesform for en sensoranordning ifølge opfindelsen omfattende en neutronkilde (2), en moderator (4), et målevolumen (6), en gammaskærm (3), en neutronskeerm/et neutronskeold (10), samt en detektor/sensor (8).

10 Neutronkilden (2) udsender neutroner med en høj kinetisk energi er omgivet af en moderator (4) der tjener til formål at bremse neutronerne til termiske hastigheder. Moderatoren (4) omfatter et massivt volumen af et materiale med et højt indhold af et antal grundstoffer (f.eks. hydrogen og kulstof) med højt spredningstværsnit såsom paraffin, polyethylen, grafit eller vand. I mode-
 15 ratoren (4) dannes der derved et område indeholdende termiske neutroner som efter et antal spredninger ikke længere har nogen dominerende retning. Målevoluminet/det 3-dimensionelle måleområde (6) har i denne udførelsesform et veldefineret volumen/område hvori en ensartet og høj neutronflux etableres gennem en hensigtsmæssig formgivning af moderatoren (4), der
 20 typisk i større eller mindre grad omgiver nævnte målevoluminet (6).

Detektoren (8) der opfanger gammastråling udsendt af emner anbragt i målevoluminet (6) vil typisk være følsom overfor såvel termiske neutroner som gammastråling udsendt af neutronkilden (2) og moderatoren (4) samt stråling
 25 fra naturlige nukleider i sensoranordningens omgivelser. Foretrukket vil såvel gamma- (3) som neutronskeermende (10) materialer være anbragt hensigtsmæssige steder i aflæsningsområdet. Detektoren (8) kan f.eks. være af scintillationstypen, f.eks. talliumdoteret natrium-jodid, men kan også være af andre types f.eks. halvledertypen. Sidstnævnte detektorer kræver dog typisk en
 30 afkøling, f.eks. ved hjælp af flydende nitrogen, hvilket i praksis besværliggør brugen heraf.

I praksis alle neutronkilder, såsom isotop- eller acceleratorbaserede udsender næsten udelukkende neutroner med høj kinetisk energi (af størrelsesordenen $10^6 - 10^7$ eV). Til opnåelse af termiske neutroner (kinetisk energi af størrelsesordenen 0.025 eV), omgives kilden af en moderator, som består af et materiale med et højt spredningstværsnit og et lavt absorptionstværsnit. Foretrukket består moderatoren af hydrogenholdige materialer, såsom vand, paraffin eller polyethylen etc. I en sådan moderator vil en neutron i sin levetid i materialet spredes elastisk adskillige gange og, som før beskrevet, ved hver kollision miste energi, indtil energiniveauet svarer til den termiske bevægelse af moderatorens atomer.

Det kan foretrækkes at anvende et moderatormateriale der primært indeholder kulstof i stedet for hydrogen. Kulstofs spredningstværsnit og dermed dets effektivitet som moderator er mindre end hydrogens effektivitet, men kulstof har et langt mindre absorptionstværsnit hvilket igen bevirker, at der opnås en bedre neutronudnyttelse, og væsentlig mindre støj i form af uønsket gammastråling. Dertil kommer, at brugen af en hydrogenfattig moderator muliggør en næsten direkte måling af emnets hydrogenindhold, ud fra hvilket et estimat af mængden af materialemængden (f.eks. plast eller træ) i aflæsningsvolumenet vil kunne beregnes, idet denne delmåling er nødvendig for at kunne bestemme koncentrationen i et emne.

Efter forbehandling af et antal af detektoren (8) opsamlende detekteringshændelser i et antal gammaintervaller inden for en fastsat tid underkastes disse data en transformation, idet der tilvejebringes vægtede summer af sættet af målevariable. For en PGNA sensor udgøres hver enkelt variabel af antallet af registrerede detektorhændelse per tidsenhed inden for et givet gamma-kvant-energiområde. Vægtfaktorerne til beregning af de vægtede summer kan tilvejebringes ved multivariabel regressionsanalyse, ved kalibrering eller ved en iterativ metode ved hvilken der ved en trinvis raffinering successivt

opnås et bedre sæt af vægtfaktorer. Multivariabel analyse er baseret på en tilgang til multidata karakteriseret ved, at underliggende variationsmønstre identificeres og udnyttes ved hjælp af metoder der kendes fra den matematiske statistik. Eksempelvis er signaler fra PGNAAs sensorer multivariable, idet
5 det enkelte signal foreligger som en flerhed af variable. Til kalibrering kan der anvendes målinger af emnesæt med en kendt klassifikation. Til hver enkelt klasse eller klassifikation hører et referencepunkt i et flerdimensionalt rum af et antal dimensioner svarende til antallet af målevariable. Det enkelte referencepunkt kan beregnes som gennemsnittet af målepunkterne repræsenterende emnerne tilhørende den pågældende klasse.
10

PGNAAs kan udnyttes en til berøringsfri dybdegående grundstofanalyse af f.eks. affalds- eller genbrugsmateriale. Idet såvel neutroner som den resulterende gammastråling, der måles af detektorsystemet, er meget gennemtrængende, kan selv massive emner ofte analyseres berøringsfrit ved denne
15 metode. Da berøringsfrie systemer ikke lider af samme slidtagegrad som ikke-berøringsfrie systemer, er det derfor ønskværdigt at benytte berøringsfrie systemer i en applikation som f.eks. affaldssortering, da emnerne der skal analyseres ofte består af meget forskelligformede fragmenter. Yderligere kan hastigheden hvormed en emnestrøm behandles typisk forøges.
20

Målesignalet for et givet emne defineres foretrukket som den samtidige ændring af samtlige variable der konstateres ved gennemførelse af et emne i et aflæsningsvolumen og efterfølgende måling i et tidsinterval relativt til en måling med et tomt målevolumen. Samlet kan den information som klassificeringsenheden skal konkludere på beskrives som en vektor bestående af en serie talværdier.
25

Ideelt set vil et givet grundstof i målevolumenet give anledning til et målesignal af et givet mønster og proportionalt med mængden af det pågældende grundstof. Det samlede målesignal er da summen af disse bidrag.
30

Fig. 2 illustrerer skematisk et tværsnit af en del af en anden udførelsesform for et sensorsystem ifølge opfindelsen. Neutronkilden (2) og en gammaafskærmning (5), f.eks. en blyafskærmning, omkring denne er anbragt således at direkte indstråling af gamma fra neutronkilden (2) minimeres. Målevolumenet (6) er placeret tæt ved kilden hvor neutronfluxen er høj og et forholdsvis tykt moderatormateriale (4) mellem detektoren (8) og kilden (2) samt et neutronschild (10) minimerer fluxen af middelhurtige neutroner ind i detektoren (8) hvilket bevirker en dæmpning af det målte støjniveau.

Fig. 3 illustrerer en udførelsesform af systemet ifølge opfindelsen omfattende en transportmekanisme (301), en sensor (302), en sorteringsanordning (304), samt en klassificeringsenhed (303). Systemet omfatter foretrukket, udover den beskrevne sensoranordning (302), en transportmekanisme (301) til at transportere emner (308) til og fra målevolumenet/aflæsningsområdet (6), en beslutnings-/beregnings-/klassificeringsenhed (303) til at behandle måledata fra sensoranordningen (302) samt bestemme hvilken fraktion/gruppe et givet emne (308) tilhører, samt en sorteringsanordning (304) til sortering af emner (308) på baggrund af beregnings-/klassificeringsenhedens (303) beslutninger. Et sorteringsemne (308) kan f.eks. være affald som skal sorteres med henblik på evt. genbrug og/eller hensigtsmæssig viderebehandling.

Beslutningssystemet (303) afgør for hvert emne (308) hvilken gruppe det tilhører baseret på data/information modtaget fra sensoranordningen (302) foretrukket i form af målt gammastråling som f.eks. antal registrerede kvanter og deres energifordeling.

Alternativt, kan systemet omfatte en eller flere yderligere sensorer, hvor beregnings-/klassificeringsenheden (303) er yderligere indrettet til at modtage og behandle data stammende fra sådanne andre kilder. Den eller de yderli-

gere sensorer kan f.eks. være sensorer til temperaturmåling, måling af neutronflux i målevoluminet, gammadensitometri af emner, vejeceller, billeddannende sensorer (f.eks. "vision" – TV-kamera + framegrabber), billeddannende røntgenscan og eller andre typer af sensorer (ikke vist).

5

I en udførelsesformer beregningsenheden (303) indrettet til at beregne koncentrationer af aktuelle grundstoffer, hvilket kan ske på basis af et estimat for prøvemængden. Dette estimat kan tilvejebringes ved benyttelse af en hydrogenfattig moderator, der muliggør en næsten direkte måling af et emnes hydrogenindhold, ud fra hvilket et estimat af emnemængden (f.eks. træmængden) i aflæsningsvolumenet vil kunne bestemmes med en brugbar nøjagtighed. Den estimerede emnemængde kan derefter benyttes til at estimere aktuelle koncentration af grundstofferne.

10

15 Beslutningssystemet er forklaret og angivet i nærmere detaljer i forbindelse med Figur 4.

Transportmekanismen (301) kan føre emner (308) frem ved hjælp af et transportbånd, knopbånd eller lignende, skubbende eller trækkende mekanismer, pneumatisk transport eller lignende, gribende eller førende mekanismer (herunder robotsystemer), etc.

20

Sorteringsmekanismen/sorteringsanordningen (304) kan eksempelvis realiseres som bånd eller føringsmekanisme (f.eks. en tragt-anordning), der skifter retning, som udkaster med arm eller stråle af luft eller andet medie, gribende mekanismer (herunder robotsystemer), etc.

25

I en udførelsesform, hvor transportmekanismen (301) er en gribende mekanisme (herunder robot), kan transport- (301) og sorteringsmekanismen (304) være én og samme.

30

Et system ifølge opfindelsen kan f.eks. anvendes til sortering af trykimprægneret træ fra andet træ, sortering af PVC fra anden plast, etc.

Fig. 4 viser en udførelsesform for en klassificeringsenhed (303) ifølge opfindelsen omfattende en eller flere mikroprocessorer (402) og/eller en eller flere digitale signal processorer (406), en hukommelsesenhed (403) og midler til modtagelse og afgivelse af signaler (404) forbundet via en fælles data/adressebus (405). Mikroprocessoren/processorerne (402) og/eller antallet af digital signal processorer (406) er i interaktion med hukommelsesenheden (403) og midlerne til modtagelse/afgivelse af signaler (404). Midlerne til modtagelse og afgivelse af signaler (404) er ansvarlig for kommunikation med antallet af tilgængelige sensorer, heriblandt sensoranordningen (302), samt eventuelle brugergrænseflader. Kommunikationen mellem klassificeringsenheden (303) og eksterne enheder såsom sensoranordningen (302), sorteringsanordningen (304) mv., kan f.eks. ske ved hjælp af IrDa, Bluetooth, IEEE 802.11, trådløst LAN osv., men kan også udføres ved hjælp af traditionelle faste forbindelser. Hukommelsesenheden (403) kan gemme relevant information såsom et dedikeret computerprogram og klassificeringsvariable, kalibreringsdata, behandlingsalgoritmer, osv. Hukommelsesenheden (403) omfatter foretrukket volatil og/eller ikke-volatil hukommelsesenheder, såsom ROM, RAM, magnetisk lager, optisk lager, etc. samt kombination heraf.

Behandling af data kan også være omfattet i en enkelt multi-funktions-processor. Brugen af multi-funktions-processorer i stedet for dedikerede digitale signalprocessorer kan være fordelagtigt i visse udførelsesformer. Selvom digitale signalprocessorer er særdeles egnede til håndtering af signalberegning i et system, kræver de fleste udførelsesformer også en mikroprocessor for andre opgaver såsom hukommelseshåndtering, brugerinteraktion osv. Derfor kan det være en fordel at benytte en multi-funktions-processor som kan udføre alle af de nævnte opgavetyper for at nedbringe antallet af komponenter samt minimere effektforbrug og produktionsomkostninger osv. Ved at

reducere antallet af processorer til én vil bl.a. også betyde at der skal beherskes færre instruktionssæt under udvikling af denne klassificeringsenhed.

5 Data fra en PGNAA-analyse foreligger som gammaspektre, og foretrukket anvendes der typisk forskellen mellem et reference spektrum optaget med tomt målevolumen (lagret i hukommelsesenheden (403)) og et aktuelt spektrum tilvejebragt via sensoranordningen. Denne forskel behandles af beregningsenheden/-enhederne (402; 404) med henblik på at bestemme en klasse for det aktuelle emne.

10

Foretrukket består målesignalet fra detektoren af et gammaspektrum pr. måling (alternativt kan der midles over flere spektra for at mindske støj). Et sådant spektrum kan f.eks. bestå af 1024 heltal, hvor spektret repræsenterer antallet af registrerede hændelser i et givet foton-energi-interval (se f.eks. 15 Fig. 5). De observerede mønstre/profiler er specifikke for det enkelte grundstof. I tilfælde af at flere grundstoffer er tilstede i målevoluminet, vil mønstret/profilen for hvert grundstof blive adderet, forholdsvis til den relative mængde af det pågældende grundstof samt apparatets absolutte følsomhed overfor dette.

20

Idet der typisk altid vil forekomme mindre variation i detektorens interne forstærkning vil forskydninger af de observerede spektra forekomme. Til afhjælpning af dette kan en korrektion foretages på basis af identificerede kendte konstante og invariante toppe. Yderligere kan målinger korrigeres for 25 henfald af neutronkilden under målingerne.

I en foretrukket udførelsesform, opdeles spektra i et mindre antal vinduer for at begrænse antallet af variable og for at reducere tilfældig støj.

30 Vinduesopdelingen indebærer en reduktion af den tilfældige støj med bevarelse af mest muligt multi-variabel signal. En modsætning består i at en opde-

ling i få vinduer reducerer mest støj mens mange vinduer bevarer mest multi-variabelt signal. Da begge mål er kritiske for en god dataanalyse, er fastlæggelsen af det optimale antal vinduer væsentlig. Det optimale antal samt vinduerne placering afhænger af den konkrete opgave, dvs. hvilket sæt af mulige grundstoffer, der skal analyseres i den pågældende udførelsesform. Et generelt eksempel på en opdeling af spektra med 1024 heltal er en opdeling med 10 vinduer dækkende gamma-området 2 – 10 MeV.

Alternativt, kan andre metoder benyttes til at genkende grundstofindholdet i et givet emne. Disse andre metoder kan f.eks. benytte neurale netværk, andre mønster genkendelsesprocedurer, etc.

Fig. 5 viser eksempler på PGNAA spektre. Spektret afbilder fordelingen af gammaenergi mod intensiteten af en given energi, idet spektrets horisontale akse er opdelt i 1024 kanaler således at hver kanal svarer til 10 keV, og antallet af registrerede registreringer pr. sekund i den aktuelle kanal er afbildet i spektrets vertikale akse. En top omkring kanal 225 svarer således til en gammaenergi på 2,25 MeV.

- 20 • Spektrum 1 (501) viser et detektorsignal fra et tomt målevolumen. Den prominente top omkring 2,25 MeV er forårsaget af prompt gamma fra indfangning af neutroner i hydrogenet i en ca. 30 kg tung moderator af polyethylen. De lavere signaler består hovedsageligt af spredt gammastråling fra denne top.
- 25 • Energiområdet fra 2,5 MeV til 10 MeV kan ses kun at rumme ganske lidt signal. Dette meget vigtige signalområde er forstørret i spektrum 2 (502).
- 30 • Spektrum 3, 4, 5 og 6 (503, 504, 505, 506) viser i samme udsnit og energiområde differenser for tomt målevolumen og henholdsvis 299 g PVC, 234,7 g kobber, 27,4 g krom eller 31,8 g arsen i målevoluminet. Disse spektra repræsenterer således typiske målesignaler, hvor de på

spektrene observerede toppe er karakteristiske for det pågældende grundstof.

Der er for hver af stofferne Cu, Cr, Ar og Cl foretaget målinger på et antal modelemner, hvor eneste væsentlige signalafgivende grundstof var et af de nævnte. Der er derefter ved multivariabel regressionsanalyse beregnet en prædikator (en funktion til angivelse af indholdet) for hver af disse grundstoffer. Prædiktoren er beregnet ud fra den samlede måleserie, idet andre grundstoffer end de aktuelle da betragtes som interferenser.

10 Prædiktorerne er robuste, idet de samtidigt og uafhængigt af hinanden kan forudsige mængden af de enkelte grundstoffer. Under bestemmelse af de aktuelle grundstoffer er der fastlagt signifikansniveauer. Signifikansniveauer er regnestørrelser der indgår i estimeringen af ydeevnen af et fuldskala-anlæg.

15

Signifikansniveauerne kan bestemmes som forholdet mellem signalstørrelsen og standardafvigelsen på baggrunden. Signalet er bestemt ud fra forskellen mellem gennemsnittet af prædiktorerne for referenceemne og samtlige prøver. Som standardafvigelsen på baggrunden benyttes den observerede på samtlige prøver for den aktuelle prædikator.

20

På baggrund af en kalibrering, i dette tilfælde forstået som en etablering af en forskrift for hvorledes et målesignal omsættes til en klassifikation, kan systemet bestemme og sortere et emne i en given kategori. Kalibreringen valideres for at søge evnen til at klassificere nye måledata. Hvis systemet ikke kan identificere den for klassifikationen nødvendige forskel i forhold til nærliggende klasser, kan omtalte kalibrering resultere i en negativ accept, hvorved systemet f.eks. kan udmelde hvilke emner eller klasser problemerne angår. Disse emner kan da evt. genmåles, eller klassificeringsproblemet kan omformuleres, således at emneklasserne, som systemet har problemer med at adskille, slås sammen.

25

30

For alle emneklasserne gælder, at en mere omfattende kalibrering dvs. flere emner, flere grundstoffer, flere målinger osv. med stor sandsynlighed vil øge signifikansniveauerne. Dette vil især gælde for arsen, hvor bestemmelsen
5 tydeligvis lider under mangel på spektral information og en bedre undertrykkelse af interferenser.

På grund af Cl's høje absorbtionstværsnit og karakteristiske emissions-
spektrum i kombination med at klorindholdet i PVC typisk er omkring to stør-
10 relsesordener højere end indholdet af interessante grundstoffer i trykimprægneret træ, vil også en berøringsfri sortering af plast i en PVC- hhv. PVC-fri fraktion således betragtes som en teknologi der vil kunne implementeres i et system ifølge opfindelsen. Således vil sortering af andre typer affaldsstrømme også kunne drage nytte af nærværende opfindelse.

15

Automatisk kategorisering er et væsentligt element under konstruktion af et selvkalibrerende og brugervenligt analyseanlæg, idet et sådant anlæg skal kunne kalibreres ved hjælp af et sæt emner der tilsammen repræsenterer den spredning der vil kunne forekomme under måling. Efter et antal endte
20 prøvemålinger udarbejder systemet et forslag til sorteringsnøgle, der raffineres interaktivt i samarbejde med en operatør.

Som et eksempel på automatisk kalibrering er der udført en såkaldt klyngeanalyse på et 5-dimensionalt datasæt bestående af prædiktioner for Cu, Cr,
25 As, Cl og B.

Klyngeanalyse er en teknik til organisering af et antal punkter i et træ således at punkter der ligger tættest på hinanden sidder tættest i træet. En klyngeanalyse kræver at der til hvert punkt er associeret en position i et n-
30 dimensionalt rum, og at der til dette rum er knyttet en afstandsnorm således at begrebet afstand danner mening. Analysen gennemføres ved at de to tæt-

teste punkter i et datasæt findes. Disse erstattes og er knudepunkt der tilordnes midtvejspositionen mellem de to punkter. Knudepunktet erstatter nu de to oprindelige punkter i datasættet. Processen gentages indtil der kun er et knudepunkt tilbage.

Modtaget

11 OKT. 2002

PVS

Patentkrav:

1. System til automatisk sortering af emner, hvor nævnte system omfatter

- 5 • en transportmekanisme (301) indrettet til at transportere mindst et emne (308) til en sorteringsanordning (304),
- en sensoranordning (302) placeret således at transporterede emner (308) bringes hovedsageligt indenfor et forudbestemt aflæsningsvolumen (6), og
- 10 • en beregningsenhed/klassificeringsenhed (303) indrettet til modtagelse af et elektrisk sensorsignal (306) repræsenterende måledata fra nævnte sensoranordning (302) samt indrettet til generering og afgivelse af et styresignal (307) til nævnte sorteringsanordning (304) indrettet til sortering af transporterede emner (308) på baggrund/basis af nævnte styresignal (307),
- 15

k e n d e t e g n e t ved,

- at nævnte sensoranordning (302) er indrettet til at detektere gammastråling udsendt fra et transporteret emne (308) når dette udsættes for en neutronflux med en given energifordeling, samt indrettet til at tilvejebringe nævnte sensor signal (306) på basis af nævnte detektering, og
- 20 • at nævnte styresignal (307) genereres på basis af nævnte sensor signal (306).

25 2. System ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at nævnte sensoranordning (302) er baseret på Prompt Gamma-Neutron-Aktiverings-Analyse (PGNAA) og omfatter

- en neutronkilde (2) indrettet til at udsende neutroner,
- en moderator (4), der omgiver nævnte neutronkilde (2) og nævnte målevolumen (6) samt er indrettet til at bremse nævnte udsendte neutroner, samt
- 30

- en detektor (8) indrettet til detektering af gammastråling udsendt af et emne (308), anbragt i nævnte målevolumen (6), og generering af nævnte elektriske sensor signal (306).

- 5 3. System ifølge krav 2, k e n d e t e g n e t ved, at nævnte sensoranordning (302) yderligere omfatter en gammaskærm (3) og/eller en neutronskeerm (10), hvor nævnte gammaskærm (3) er placeret mellem nævnte kilde (2) og nævnte målevolumen (6) og/eller hvor nævnte neutronskeerm (10) er placeret mellem nævnte detektor (8) og nævnte målevolumen (6).
- 10
4. System ifølge krav 2 eller 3, k e n d e t e g n e t ved, at nævnte sensoranordning (302) yderligere omfatter en gamma-afskærmning (5) anbragt omkring nævnte neutronkilde (2) således at direkte indstråling af gamma fra neutronkilden (2) til nævnte detektor (8) minimeres.
- 15
5. System ifølge krav 1 – 4, k e n d e t e g n e t ved, at nævnte sorteringssystem er indrettet til sortering af en affaldsstrøm.
- 20
6. System ifølge krav 1 – 5, k e n d e t e g n e t ved, at nævnte detektering foregår berøringsfrit med emnet (308).
7. System ifølge krav 1 – 6, k e n d e t e g n e t ved, at nævnte sensoranordning primært omfatter kulstofmateriale som moderator.
- 25
8. System ifølge krav 1 – 7, k e n d e t e g n e t ved, at systemet er indrettet til modtagelse af målinger af emner med en kendt klassifikation, samt at klassifikationsenheden (303) omfatter midler til beregning af vægtfaktorer af et antal vægtede summer etableret ved en multivariabel dataanalyse, kalibrering eller en iterativ metode ved hvilken der ved en trinvis raffinering opnås
- 30
- successivt bedre sæt af vægtfaktorer.

9. System ifølge krav 8 k e n d e t e g n e t ved, at nævnte styresignal (307) tilvejebringes af klassifikationsenheden (303) på basis af signaler omfattende nævnte vægtfaktorer og nævnte sensor signal (306)

5 10. System ifølge krav 1 - 9, k e n d e t e g n e t ved, at klyngeanalyse anvendes som et led i automatisk generering af forslag til kategorisering af prøveemner ud fra mønstre i måledata korresponderende til disse emner.

10 11. Fremgangsmåde til automatisk sortering af emner, hvor nævnte fremgangsmåde omfatter

- transporterering af mindst et emne (308) til en sorteringsanordning (304), hvor nævnte transporterering bringer transporterede emner (308) hovedsageligt indenfor et forudbestemt aflæsningsvolumen (6) af en sensoranordning (302),
- 15 • modtagelse i en beregningsenhed/klassificeringsenhed (303) af et elektrisk sensorsignal (306) repræsenterende måledata fra nævnte sensoranordning (302), og
- generering og afgivelse af et styresignal (307) til nævnte sorteringsanordning (304) indrettet til sortering af transporterede emner (308) på baggrund/basis af nævnte styresignal (307),
- 20

k e n d e t e g n e t ved, at fremgangsmåden yderligere omfatter

- detektering, i nævnte sensoranordning (302), af gammastråling udsendt fra et transporteret emne (308) når dette udsættes for en neutronflux med en given energifordeling, samt tilvejebringelse af nævnte sensor signal (306) på basis af nævnte detektering, og
- 25 • generering af nævnte styresignal (307) på basis af nævnte sensor signal (306).

12. Fremgangsmåde ifølge krav 11, k e n d e t e g n e t ved, at

- 30 • nævnte detektering er baseret på Prompt Gamma-Neutron-Aktiverings-Analyse (PGNAA),

og at fremgangsmåden yderligere omfatter

- udsendelse af neutroner af en neutronkilde (2) i nævnte sensoranordning (302),
- 5 • bremsning af nævnte udsendte neutroner af en moderator (4) i nævnte sensoranordning (302), hvor nævnte moderator (4) omgiver nævnte neutronkilde (2) og nævnte målevolumen (6), samt
- detektering, af en detektor (8) i nævnte sensoranordning (302), af gammastråling udsendt af et emne (308), anbragt i nævnte målevolumen (6), og generering af nævnte elektriske sensor signal (306) i
- 10 nævnte sensoranordning (302).

13. Fremgangsmåde ifølge krav 12, **k e n d e t e g n e t** ved, at fremgangsmåden omfatter minimering af fluxen af termiske neutroner ind i detektoren af en gammaskærm (3) og/eller en neutronskeerm (10) i nævnte sensoranordning (302), hvor nævnte gammaskærm (3) er placeret mellem

15 nævnte kilde (2) og nævnte målevolumen (6) og/eller hvor nævnte neutronskeerm (10) er placeret mellem nævnte detektor (8) og nævnte målevolumen (6).

20 14. Fremgangsmåde ifølge krav 12 eller 13, **k e n d e t e g n e t** ved, at fremgangsmåden yderligere omfatter minimering af direkte indstråling af gamma fra neutronkilden (2) til nævnte detektor (8) af en gammaafskærmning (5) anbragt omkring nævnte neutronkilde (2) i nævnte sensoranordning (302).

25

15. Fremgangsmåde ifølge krav 11 – 14, **k e n d e t e g n e t** ved, at fremgangsmåden omfatter sortering af en affaldsstrøm.

30 16. Fremgangsmåde ifølge krav 11 – 15, **k e n d e t e g n e t** ved, at nævnte detektering foregår berøringsfrit med emnet (308).

17. Fremgangsmåde ifølge krav 11 – 16, k e n d e t e g n e t ved, at nævnte sensoranordning primært omfatter kulstofmateriale som moderator.

5 18. Fremgangsmåde ifølge krav 11 – 17, k e n d e t e g n e t ved, at fremgangsmåden omfatter modtagelse af målinger af emner med en kendt klassifikation, samt beregning af vægtfaktorer af et antal vægtede summer etableret ved en multivariabel dataanalyse, kalibrering eller en iterativ metode ved hvilken der ved en trinvis raffinering opnås successivt bedre sæt af vægtfaktorer.

10

19. Fremgangsmåde ifølge krav 18, k e n d e t e g n e t ved, at fremgangsmåden yderligere omfatter tilvejebringelse af nævnte styresignal (307) af klassifikationsenheden (303) på basis af signaler omfattende nævnte vægtfaktorer og nævnte sensor signal (306)

15

20. Fremgangsmåde ifølge krav 11 - 19, k e n d e t e g n e t ved, at klyngeanalyse anvendes som et led i automatisk generering af forslag til kategorisering af prøveemner ud fra mønstre i måledata korresponderende til disse emner.

20

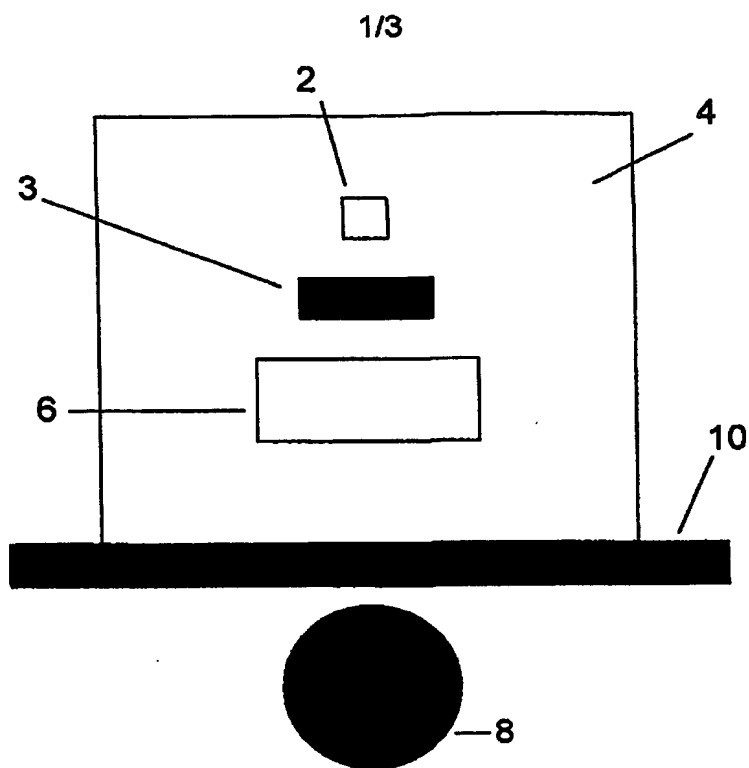
11 OKT. 2002

Sammendrag**PVS**

Denne opfindelse angår et system (og tilsvarende fremgangsmåde) til automatisk sortering af emner, hvor nævnte system omfatter en transportmekanisme indrettet til at transportere mindst et emne til en sorteringsanordning, en sensoranordning placeret således at transporterede emner bringes hovedsageligt indenfor et forudbestemt aflæsningsvolumen, og en beregningsenhed/klassificeringsenhed indrettet til modtagelse af et elektrisk sensorsignal repræsenterende måledata fra nævnte sensoranordning samt indrettet til generering og afgivelse af et styresignal til nævnte sorteringsanordning indrettet til sortering af transporterede emner på baggrund/basis af nævnte styresignal, hvor nævnte sensoranordning er indrettet til at detektere gammastråling udsendt fra et transporteret emne når dette udsættes for en neutronflux med en given energifordeling, samt indrettet til at tilvejebringe nævnte sensor signal på basis af nævnte detektering, og at nævnte styresignal genereres på basis af nævnte sensor signal.

Herved opnås en hurtig og sikker automatiseret sortering af emner hvor hyppigheden af fejlsorteringer kan nedbringes drastisk, idet en anden og mere pålidelig analysemetode end tidligere benyttes. Yderligere kan antallet af sorteringsfejl nedbringes til et niveau der er tilstrækkeligt for at tilfredsstille de miljømæssige krav.

Figur 3 foreslås offentliggjort.



Modtaget
11 OKT. 2002
PVS

Fig. 1

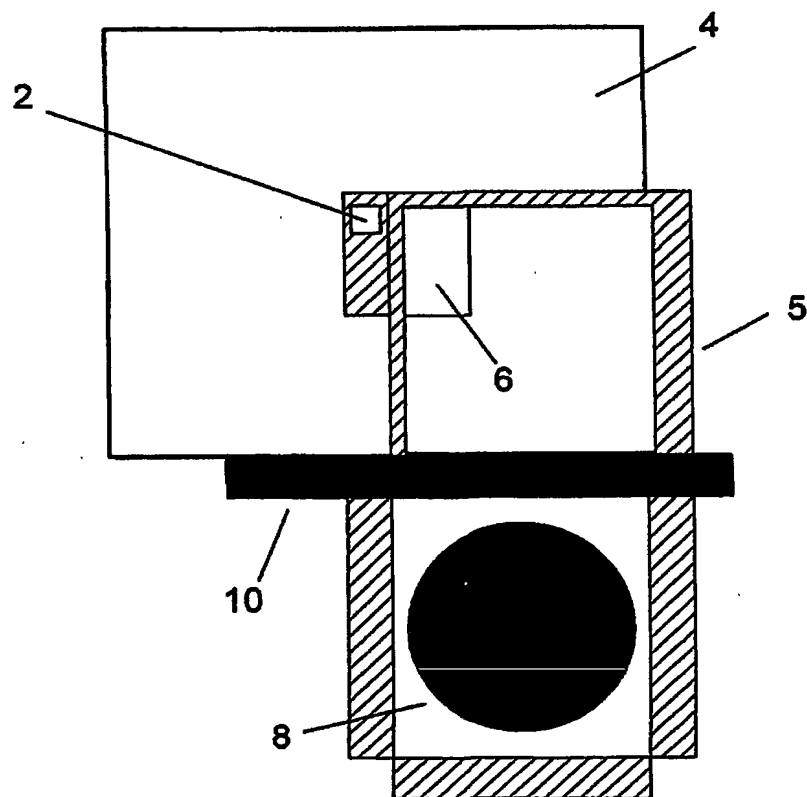


Fig. 2

2/3

Modtaget

11 OKT. 2002

PVS

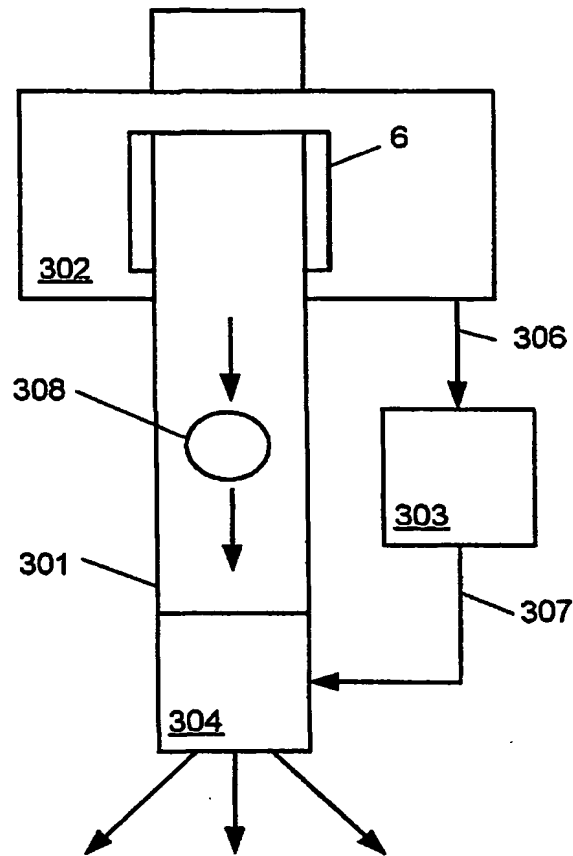


Fig. 3

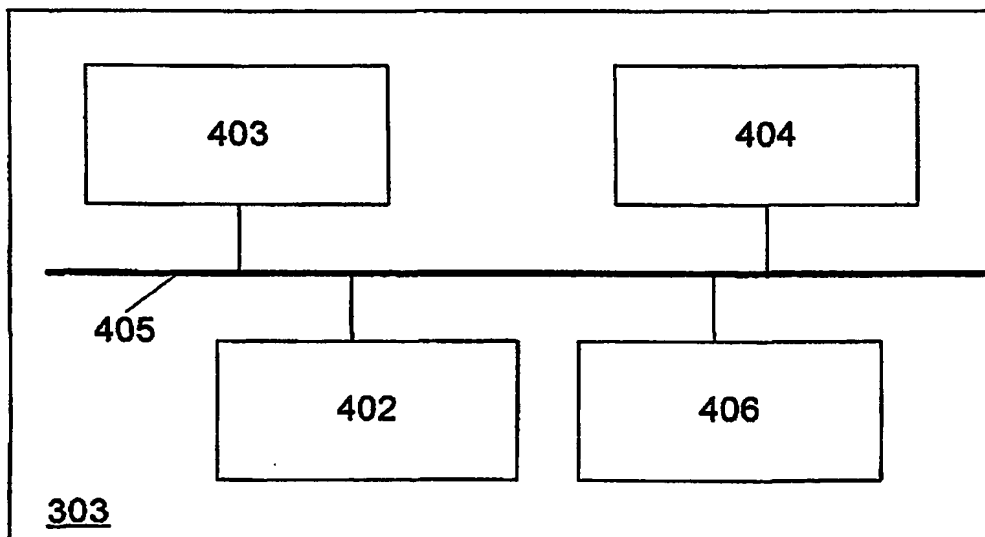
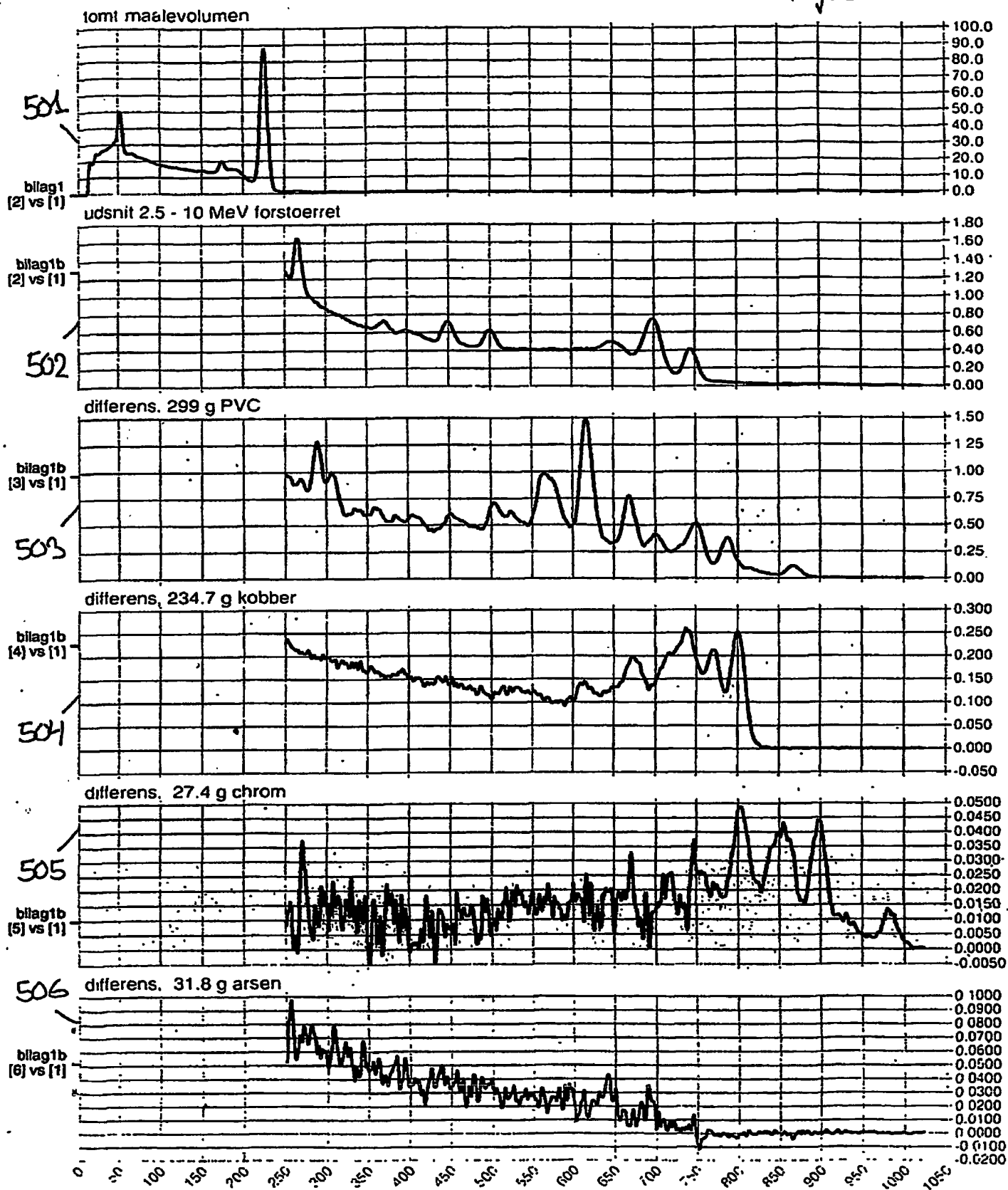


Fig. 4

Fig. 5

PVS



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.